

다중색상 모델과 문자배치 정보를 이용한 복잡한 배경 영상에서의 자동차 번호판 추출

김민기[†]

요약

본 논문에서는 복잡한 배경이 나타나는 자동차 영상에서 다중색상 모델과 문자배치 정보를 이용한 번호판 추출 방법을 제안한다. 녹색 번호판과 흰색 번호판에 나타나는 문자의 배치 형태가 다르기 때문에, 먼저 번호판 색상을 추정한 후 해당 색상 번호판의 문자배치 정보를 최대한 활용하는 접근 방식을 사용하였다. RGB 색상 모델에 HSI와 YIQ 색상 모델을 결합한 다중색상 모델을 이용하여 녹색 영역이 추출되면, 해당 영역에서 추출된 연결요소를 분석하여 녹색 번호판의 문자배치 형태를 탐색한다. 이때 번호판이 추출되지 않으면, 전체 영역에서 추출된 연결요소를 분석하여 흰색 번호판의 문자배치 형태를 탐색한다. 마지막으로 번호판 문자배치 형태와 유사한 연결요소들을 묶어 번호판을 추출한다. 419개 영상에 대한 실험 결과 98.1%의 번호판 추출 성공률을 얻었으며, 제안된 방법이 빛의 세기, 그림자, 그리고 날씨의 변화에도 강건함을 알 수 있었다.

A License Plate Detection Method Using Multiple-Color Model and Character Layout Information in Complex Background

Min-Ki Kim[†]

ABSTRACT

This paper proposes a method that detects a license plate in complex background using a multiple-color model and character layout information. A layout of a green license plate is different from that of a white license plate. So, this study used a strategy that firstly assumes the plate color and then utilizes its layout information. At first, it extracts green areas from an input image using a multiple-color model which combined HIS and YIQ color models with RGB color model. If green areas are detected, it searches the character layout of the green plate by analyzing the connected components in each areas. If not detected, it searches the character layout of the white plate in all area. Finally, it extracts a license plate by grouping the connected components which corresponds to characters. Experimental result shows that 98.1% of 419 input images are correctly detected. It also shows that the proposed method is robust against illumination, shadow, and weather condition.

Key words: License Plate Detection(번호판 추출), Multiple-Color Model(다중색상 모델), Character Layout Information(문자배치 정보)

1. 서론

최근 지능화된 운송 시스템(intelligent trans-

portation system)에 대한 관심이 높아지면서, 자동차 자동식별에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 자동차 자동식별 기술은 주차 관리 시스템, 보안 구

* 교신저자(Corresponding Author) : 김민기, 주소 : 경남 진주시 가좌동(660-701), 전화 : 055)751-6183, FAX : 055)751-6117, E-mail : mkkim@gnu.ac.kr

접수일 : 2008년 6월 7일, 완료일 : 2008년 8월 29일
[†] 중신회원, 경상대학교 컴퓨터교육과 부교수, 컴퓨터정보통신연구소 연구원

역에 대한 차량 통제 시스템, 자동 요금 정산 시스템, 주차 단속 시스템 등 다양한 응용 시스템 개발을 위한 핵심 요소이다. 자동차 자동식별 기술은 마이크로웨이브 방식과 영상처리 방식으로 나누어 볼 수 있다. 마이크로웨이브 방식은 차량에 부착된 태그(tag)와 설치된 검지기 간의 무선통신에 의해 작동하는 방식으로, 사전에 태그를 배포한 특정 차량만을 인식할 수 있다. 이에 비하여 영상처리 방식은 카메라로 입력된 영상에서 번호판을 인식하는 방식으로 불특정 차량 모두를 인식할 수 있다. 그러나 아직까지 영상인식 기술에 의한 자동차 번호의 식별이 만족할 만한 수준에 이르지 못하고 있기 때문에 현재의 차량 통제 및 관리 시스템들은 대부분 마이크로웨이브 방식을 이용하고 있다. 마이크로웨이브 방식은 불특정 다수의 차량을 인식할 수 없기 때문에, 특정 응용에서는 영상처리 방식에 의한 자동차 자동식별 기술이 유일한 대안이 된다. 미국-멕시코 국경을 통과 하는 차량을 감시하기 위한 시스템이 시범 운영된 바 있으며, 미국과 영국 경찰은 도난 차량이나 범죄 차량을 찾는데 영상처리 방식의 차량 자동식별 시스템을 시범 운영한 바 있다. 운영 결과 시스템의 성능은 만족스럽지 못하였으나 효용성은 존재하는 것으로 보고 되었다.

영상인식 기술에 의해 자동차 번호를 자동으로 식별하는 문제는 입력 영상으로부터 번호판 영역을 추출하는 단계와 번호판 내의 문자를 인식하는 단계로 나누어 볼 수 있다. 자동차 번호를 인식하기 위해서는 먼저 입력 영상에서 번호판을 추출해야 하는데, 이것은 그리 간단한 문제가 아니다. 자동차는 움직이는 대상으로 실내외의 다양한 환경에서 영상이 획득되기 때문이다. 일반적으로 야외에서 획득된 영상은 시간대에 따라 조도(illumination)가 변화하며 날씨 변화, 그림자 등에 의해서도 자동차 번호판의 색상이나 에지에 왜곡이 발생한다[1,2]. 특히 고정식 카메라와는 달리 이동식 카메라에 의해 자동차 영상을 획득할 경우에는 카메라와 자동차 간의 거리와 촬영 각도가 가변적이며 다양한 배경에 의한 간섭을 해결해야 한다[3,4].

자동차 번호판을 추출하기 위해 사용하는 주요 특징은 번호판이 갖는 정형화된 특징들로부터 도출된다. 자동차 번호판은 규격과 색상이 국가별로 다양하게 나타나는데, 모양은 대부분 사각형의 형태이다.

유럽 연합 소속 국가들의 번호판은 숫자나 영문자의 배치가 조금씩 다르지만 대부분 흰색이나 황색배탕에 검정색 번호가 한 줄에 나타나는 형태이다. 미국 번호판은 주별로 자동차 번호판의 배경과 번호의 색상, 그리고 배경 그림이 다르지만 번호는 한 줄로 나타내는 형태를 띠고 있다. 우리나라를 비롯한 대만, 일본의 번호판은 차량의 용도에 따라 번호판의 색상이 다르고 번호가 두 줄로 나타나는 특징이 있다. 최근 국내에 새로 도입된 번호판 규격은 유럽형을 따르고 있지만 여전히 차량의 용도에 따라 번호판의 색상을 달리하고 있다. 이와 같이 국가별로 번호판의 색상과 문자 배치 형태가 다르지만, 자동차 번호 인식에 대한 연구는 대개 특정 국가의 번호판만을 대상으로 하기 때문에 사각형 형태뿐만 아니라 해당 국가의 번호판 규격과 색상 정보를 활용하고 있다.

자동차 번호판 추출은 보통 번호판 후보 영역을 추정하고, 후보 영역에 대한 검증 절차를 거쳐 번호판 영역을 최종 결정하게 된다. 자동차 번호판은 수직 에지 성분이 다른 영역에 비하여 많이 나타나고 에지의 밀도가 균일하게 나타나기 때문에 기존의 많은 연구들은 이러한 특징을 주로 이용하고 있다. 수직 에지가 빈번하게 나타나는 부분을 번호판 후보 영역으로 추정하거나[4-7], 일정한 크기의 윈도우를 정의하고 이 윈도우를 좌에서 우, 상에서 하로 이동시키면서 각 윈도우 내의 에지 밀도와 분산을 이용하여 번호판 후보 영역을 추정한다[3,8,9]. 김숙 외[10]은 그레이 영상을 라인별로 스캔하면서 명암배터를 계산하여 번호판 내부의 숫자 영역을 추정한 후 이진화된 에지 영상으로부터 번호판의 정확한 크기를 추정하였다. Anagnostopoulos 외[11]은 두 개의 윈도우를 정의하고 이 두 윈도우에 나타나는 픽셀의 명도 값 분포의 차이를 이용하여 번호판 후보 영역을 추정하고, 후보 영역에서 윤곽선을 추출하여 윤곽선의 방향, 가로 세로의 비, 오일러 수를 이용하여 번호판을 추출하였다. Yu&Kim[7]은 수직 에지 중 일정한 크기와 형태를 갖는 에지를 선택하고, 선택된 에지 중에서 번호판의 좌우측 수직선에 해당하는 에지를 추정하는 방식으로 번호판을 추출하였다.

에지와 함께 널리 이용되는 특징 중 하나는 번호판의 색상 정보이다. 색상은 번호판을 식별하는데 매우 중요한 단서를 제공하지만 조도에 민감한 단점이다. 빛의 밝기에 따라 변하는 번호판 색상을 안정

적으로 추출하기 위하여 Yoshimori & Mitsukura[1]은 $YCrCb$ 색상 모델을 이용하여 Y값으로 영상의 밝기를 추정하고 유전자 알고리즘을 이용하여 RGB 색상 모델에서 번호판을 나타내는 임계값을 구하였다. 그러나 영상 전체의 밝기를 Y값의 평균으로 계산하므로 국부적인 변화에 둔감하고 유사한 색상 영역에서 번호판을 식별하지 못하여 그다지 좋은 결과를 나타내지 못하였다. Li 외[12]는 HSI 색상 모델을 이용하여 3×3 영역 내의 HSI 값을 신경망의 입력 층에 연결하여 모든 픽셀을 6가지 색상으로 구분한 후 번호판 색상에 해당하는 픽셀이 나타나는 영역의 크기, 가로 세로의 비율, 그리고 수직 히스토그램을 통해 번호판을 추출하였다.

본 연구의 과제는 이동식 카메라로 획득한 복잡한 배경이 있는 자동차 영상에서 번호판을 추출하는 것이다. 일반적인 영상 인식 분야에서와 마찬가지로 자동차 번호판 추출에서도 입력 영상을 이진화하는 부분은 시스템의 전체 성능을 좌우하는 매우 중요한 부분이다. 본 논문에서는 적응적인 이진화 방법을 기반으로 연결요소를 추출하고 이들 연결요소들 간의 구조적인 배치 형태를 분석하여 번호판을 추출하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 인식대상 번호판의 규격과 색상에 대하여 간략히 살펴보고, 3장에서는 제안하는 적응적 이진화 방법과 연결요소 배치 형태를 이용한 번호판 영역 추출 방법을 기술한다. 4장에서는 제안한 방법을 적용하여 번호판을 추출한 실험 결과를 제시하고 분석된 결과를 토대로 5장에서 결론을 제시한다.

2. 인식대상 번호판의 규격과 색상

일반적인 영상처리 및 인식 분야에서와 마찬가지로 자동차 영상에서 번호판 영역을 추출하는 문제는 도메인 정보, 즉 자동차 번호판을 구성하는 다양한 요소들에 관련된 정보를 추출하고 이를 검증하는 문제로 파악할 수 있다. 번호판의 가로와 세로 크기의 비율, 번호판과 문자의 색상, 번호판 내에 나타나는 문자의 개수와 배치 형태 등은 영상에서 번호판을 식별하는데 사용되는 주요한 특징들이다.

우리나라는 차량의 종류와 용도에 따라 번호판의 크기와 색상을 달리 규정하고 있다. 6미터 이상의 버

스와 4톤 이상 트럭에는 대형번호판(440mm×220mm), 일반 자동차에는 보통번호판(335mm×170mm), 오토바이에는 소형번호판(210mm×115mm)이 사용되며, 대체로 가로와 세로의 비율이 2:1이 된다. 사업용 차량은 황색바탕에 남색문자, 비사업용 일반 차량은 녹색바탕에 흰색문자, 비사업용 외교 차량은 황색바탕에 검정색문자를 사용해 왔다. 그런데 2004년 지역 명을 뺀 전국단위 번호판을 보급한 이후 2006년에 다시 가로가 긴 번호판(520mm×110mm)이 나오면서 기존의 지역번호판(그림 1-(a), (b)), 전국번호판(c), 신형 짧은 번호판(d), 신형 긴 번호판(e)이 혼재되어 사용되고 있다. 그림 1은 현재 운행되고 있는 비사업용 차량의 번호판의 종류를 예시한 것으로, 본 연구의 실험에 사용된 영상으로부터 추출한 것이다.

다양한 형태의 번호판이 혼용됨으로 인하여 번호판 추출의 문제는 더욱 복잡해진다. 특히 본 연구의 대상인 비사업용 차량의 경우 기존의 녹색바탕 번호판이 흰색바탕 번호판으로 변경되어 색상 정보를 이용한 기존 연구 방법에 대한 변화가 불가피하게 되었다. 차체의 색상이 녹색 계열인 경우는 많지 않기 때문에 녹색 영역을 추출하여 번호판을 추정하려는 다양한 시도가 이루어져 왔다[13-16]. 그러나 문성원 외[14]의 연구에서 밝혔듯이 차량의 색 자체가 번호판과 색상과 유사하게 나타나는 경우 번호판 추출에 실패하였다고 보고하고 있고, 흰색 계열로 도색된 차량은 혼하기 때문에 기존 방법으로는 효과적인 번호판 추출을 기대하기 어렵다. 명암배치를 이용한 김숙 외[10]의 연구에서는 색상 정보를 이용하지는 않지만 번호판이 아닌 영역을 번호판으로 잘못 추출하는 경우를 방지하기 위하여 번호를 구성하는 숫자나 문자의 배치 정보를 이용한다. 추출된 번호판 후보 영역을 그림 2와 같이 2×7로 분할하고, 분할된 각 영역에서 에지가 차지하는 비율을 신경망에 입력하여 번호판 여부를 검증하게 된다. 그러나 기존 번호판과

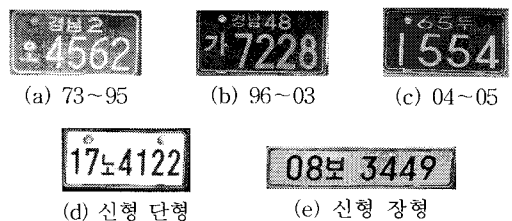


그림 1. 운행 중인 비사업용 차량 번호판의 종류



그림 2. 검증을 위한 번호판 영역의 분할

문자 배치가 다른 신형 번호판이 공존하므로 이 방법도 적용하기 곤란하다.

3. 제안하는 번호판 추출 방법

본 연구에서 제안하는 번호판 영역 추출 알고리즘은 번호판에 나타나는 문자배치 정보를 이용한다. 기존의 녹색 번호판과 흰색바탕의 신규 번호판은 번호판의 가로와 세로 비율뿐만 아니라 번호판에 나타나는 문자배치 형태가 다르므로, 사전에 분석 대상 번호판이 녹색인지 흰색인지를 알 수 있다면 번호판을 추출하기 위하여 보다 제한적인 도메인 정보를 적용할 수 있다. 제안하는 번호판 영역 추출 알고리즘은 그림 3에 제시된 바와 같이 네 단계로 이루어져 있다.

1단계와 2단계는 녹색 번호판을 찾는 부분이고, 3단계와 4단계는 녹색 번호판이 발견되지 않았을 때 흰색 번호판을 찾는 부분이다. 1단계에서는 전체 영상을 녹색 영역과 비 녹색 영역으로 구분하고, 2단계

에서는 녹색 영역 중 번호판 후보 영역만을 대상으로 다시 이진화를 수행한다. 번호판 검증은 해당 영역 내 연결요소의 배치 형태를 분석하여 판단한다. 만약 검증에 실패하면 흰색 번호판에 대한 탐색이 진행된다. 3단계에서는 국부적 명도 값 변화를 이용한 이진화 기법을 이용하여 전체 영상을 이진화 한다. 4단계에서는 수평적으로 이웃한 연결요소를 병합하여 번호판 후보 영역을 생성하고, 각 후보 영역 내 연결요소의 배치 형태를 분석하여 번호판 영역인지를 검증한다. 4단계에서도 번호판 검증에 실패하면 이진화 임계값을 조절한 후 다시 한 번 녹색 번호판 탐색을 시도한다. 만약 재탐색에서도 번호판 영역이 추출되지 않으면 영상 내에 번호판이 없는 것으로 판단한다.

3.1 녹색 영역 추출을 위한 이진화

차량 영상에서 녹색 영역은 타 영역과 비교적 구분이 용이하기 때문에 색상 정보를 활용하여 녹색 번호판을 추출하려는 다양한 시도가 이루어져 왔다. 김광백 외[13]는 RGB 색상 모델을 사용하여 녹색 영역을 추출하였으나 전체 영상의 평균 밝기 값을 이용하여 번호판 영역을 이진화하기 때문에 그림자와 같은 국부적 변화를 극복하는데 한계가 있을 것으로 판단된다. 문성원 외[14]는 RGB 영상을 YCbCr 색상 모델로 변환하여 녹색에 대한 Cr성분만을 이용하였다. 이 연구에서는 번호판의 Cr값이 임계값을 벗어나는 경우, 차량 색 자체가 번호판과 같은 Cr성분을 갖는 경우, 번호판 자체가 그림자에 의해 그늘진 경우에 번호판 영역을 추출하는데 실패한 것으로 보고하였다. 이화진 외[15]은 기존의 단일 색상 모델이 갖는 한계를 극복하고자 HSI와 YIQ 복합색상 모델에서 H성분과 Q성분을 장점을 결합한 이진화 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법을 적용한 연구[16]에서도 번호판 색상의 부족이나 과다로 인한 미추출이나 오추출이 발생하였다.

각각의 색상 모델별로 장단점을 갖고 있으므로, 본 연구에서는 녹색 번호판 영역을 추출하기 위하여 RGB, HSI, YIQ 세 개의 색상 모델을 결합하여 녹색 영역을 추출하였다. 실험 영상에 나타난 녹색 번호판들을 관찰한 결과 RGB 색상 모델에서 녹색 번호판 영역의 특징은 G성분이 가장 큰 값을 보이며, 그 다음 B성분, 그리고 R성분이 가장 작게 나타나는 것을 알 수 있었다. RGB 색상 모델은 조도에 따른 변화가

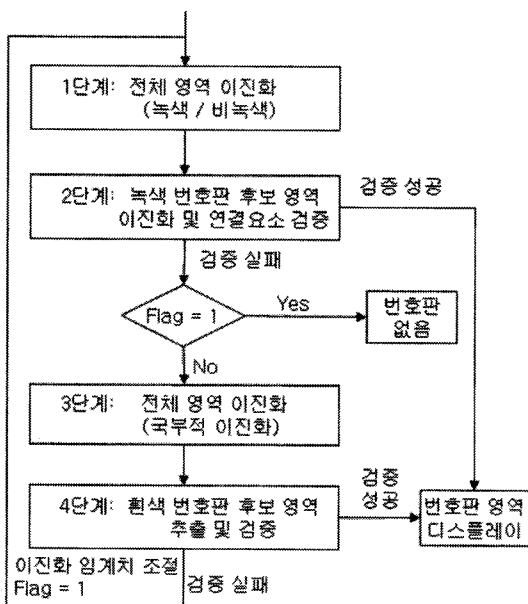


그림 3. 번호판 영역 추출 단계

크지만 G, B, R 성분의 크기 순서에는 영향을 미치지 않았다. 그리고 조도에 따른 변화에도 불구하고 번호판 영역 내 R성분의 값은 200을 넘지 않는 것으로 관찰되었다. 그런데 녹색 번호판 영역이 아니면서 위에서 제시한 특징이 나타나는 영역이 있기 때문에 이러한 영역을 제외시키기 위하여 HSI와 YIQ 색상 모델을 사용하였다. 즉 RGB 색상 모델에 나타나는 특징과 HSI, YIQ 색상 모델에 나타나는 특징을 논리 곱으로 계산함으로써 각 모델에서 제외해야 할 영역을 번호판 후보 영역으로 포함시키는 2중 오류를 줄일 수 있었다. 그러나 논리곱을 통해 2중 오류가 줄어드는 대신 번호판 영역을 놓치게 되는 1중 오류가 나타날 수 있으므로, 기존 연구[15]에서 제시된 H성분과 Q성분의 임계값 범위를 다소 완화하여 적용하였다. 그림 4는 번호판 영상에 대한 이진화 결과를 제시한 것으로, 그림 4-(b)의 이진영상은 기존 연구[15]에서 제시한 HSI와 YIQ 모델을 이용한 것이고, 그림 4-(c)의 이진영상은 제안한 방식을 적용한 것이다. 좌측의 녹색 번호판에 대한 이진화 결과를 살펴보면, 기존 방식에 비하여 제안한 방식이 번호판 영

역과 유사한 부분들을 명확하게 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 우측의 흰색 번호판 영상에 대한 이진화 결과에서도 기존 방식을 적용한 이진영상은 녹색 영역이 아닌 부분이 넓게 나타나는데 비하여 제안한 방식을 적용한 이진영상은 녹색 영역이 거의 나타나지 않아 해당 영상 내에 녹색 번호판이 없음을 쉽게 알 수 있다.

3.2 녹색 번호판 후보 영역 추출과 검증

녹색 번호판 영상의 이진화 결과는 그림 4에 제시된 바와 같이 녹색 영역은 전경(흰색), 그 외 영역은 배경(검정색)인 이진영상으로 표현되며, 연결요소를 추출할 경우 번호판에 해당 하는 영역은 외부 윤곽선으로 나타난다. 또한 번호판 영역은 일정한 크기와 종횡비를 갖게 되므로 외부 윤곽선 연결요소 중 이러한 조건을 만족시키는 영역을 번호판 후보 영역으로 선정한다. 번호판의 종횡비는 기존의 녹색 번호판이 1:2, 가로가 길어진 흰색 번호판은 1:5 이다. 그러나 현 단계는 녹색 영역을 추출한 후 해당 영역이 번호판이 될 수 있는지 검증하는 단계이므로 녹색 번호판의 종횡비만을 고려하면 된다. 실제 영상 내에서 번호판의 종횡비는 촬영 각도나 번호판의 기울어진 정도에 따라 달리 나타나므로 이에 대한 오차를 수용할 수 있도록 종횡비를 설정해야 한다. 본 연구에서는 일정한 크기를 갖는 외부 윤곽선중 종횡비가 1:1~1:3인 영역을 녹색 번호판 후보 영역으로 선정하였다.

번호판 후보 영역이 선정되면 각 후보 영역에 대하여 번호판 여부를 검증하게 된다. 번호판 검증은 해당 영역 내 문자의 배치 형태를 이용한다. 녹색 영역과 타 영역을 구분하는 1단계의 이진화 결과는 오래된 번호판이나 얼룩 등에 의해 더럽혀진 번호판, 또는 조도의 변화에 따라 문자 부분에 잡영이 발생할 수 있으므로 보다 세밀한 이진화가 요구된다. 본 연구에서 제안하는 이진화 알고리즘은 다음과 같다.

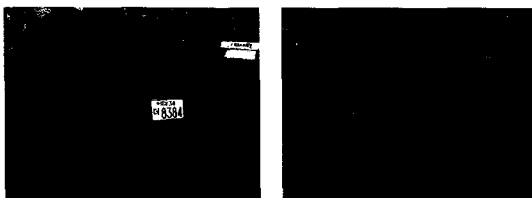
이진화 임계값은 번호판 후보 영역내의 전경 화소의 명도 값 추정에 의하여 결정된다. 그러나 1단계 이진화 과정에서 잡영이 포함될 뿐만 아니라 번호판 영역을 최소의점사각형으로 근사화하여 계산할 때 번호판 외부 영역이 일부 포함될 수 있다. 특히 촬영 각도에 따라 번호판에 유클리디안 변형이 발생하므로 이를 보완하기 위하여 p-tile 이진화 방법을 도입하였다. 녹색 번호판의 경우 녹색이 번호판 전체 영



(a) 입력 영상



(b) 기존의 이진화 방법에 의한 이진영상



(c) 제안된 이진화 방법에 의한 이진영상

그림 4. 전체 영상에 대한 이진화 결과

① 전경 화소의 명도 값 추정에 의한 이진화 임계값 계산: $binTh_1 = (M_1 + M_2)/2$

- MBR 영역의 명도 값 평균(M_1) 계산: $M_1 = \sum_{y=1}^C \sum_{x=1}^R \frac{g(x,y)}{R \times C}$
- 전경에 해당하는 화소의 명도 값 평균(M_2) 계산: $M_2 = \sum_{y=1}^C \sum_{x=1}^R G(x,y) / \sum_{y=1}^C \sum_{x=1}^R B(x,y)$

$$G(x,y) = \begin{cases} g(x,y) & \text{if } g(x,y) > M_1 \\ 0 & \text{if } g(x,y) \leq M_1 \end{cases}, B(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } g(x,y) > M_1 \\ 0 & \text{if } g(x,y) \leq M_1 \end{cases}$$

② MBR 영역의 75%에 해당하는 이진화 임계값 계산: $binTh_2 = k$

$$\sum_{i=0}^{k-1} histogram(i) < (R \times C) \times 0.75 \text{ and } \sum_{i=0}^k histogram(i) > (R \times C) \times 0.75$$

③ 전경 화소의 명도 값 추정에 의해 결정된 이진화 임계값으로 배경 화소를 누적했을 때, 배경이 75%에서 10% 오차 범위 내에 있으면 $binTh_1$ 를 최종 이진화 임계값으로, 그렇지 않으면 $binTh_2$ 를 최종 이진화 임계값으로 결정

$$\begin{aligned} & \text{if } \sum_{i=0}^{binTh} histogram(i) > (R \times C) \times 0.65 \text{ and } \sum_{i=0}^{binTh} histogram(i) < (R \times C) \times 0.85 \\ & \quad binTh = binTh_1 \\ & \text{else} \\ & \quad binTh = binTh_2 \end{aligned}$$

역의 약 75% 정도를 차지한다는 조사 결과에 근거하여, 전경 화소의 명도 값 추정에 의한 이진화 임계값이 이 기준에서 10%의 오차 범위를 벗어날 때, p-tile 방식에 의한 임계값으로 대처하도록 하였다. 제시된 알고리즘에서 MBR은 가로 길이가 R, 세로 길이가 C인 번호판 후보 영역의 최소의 접사각형을 나타낸다. $histogram(i)$ 는 명도 값이 i인 화소의 개수를 의미하며, $g(x, y)$ 는 MBR 영역 내 좌표 x, y에 위치한 화소의 명도 값을 의미한다.

그림 5는 번호판 후보 영역에 대한 이진영상과 추출된 연결요소를 나타낸 것으로, 추출된 연결요소들의 크기 균일성과 인접성을 조사하여 번호판 여부를 검증한다. 녹색 번호판은 문자의 배치가 두 줄로 나타나는데, 상단의 한글과 숫자는 하단의 네 자리 숫자에 비하여 크기가 작아 안정성이 떨어진다. 특히 차량 후면에 부착된 번호판은 차종에 따라 번호판 위 부분에 그림자가 드리워지거나 일부 가려지는 경우가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 연결요소 중 비교적 획의 집적과 끊어짐이 적고 안정적으로 추출이 가능한 네 자리 숫자에 해당하는 연결요소를 탐색하여 일정한 크기의 연결요소가 연속하여 4개 이상

나타나면 번호판 영역으로 판정하였다.

3.3 연결요소 추출을 위한 이진화

흰색 번호판 영역은 영상 내 다른 영역에서 비슷한 특성을 보이는 부분이 많기 때문에 색상 정보를 이용하지 않고, 명도 값의 차이만을 이용하여 이진화하였다. 전역적 이진화 방법은 그림자 등에 의한 국부적인 명도 변화에 둔감하기 때문에 Sauvola & Pietikainen[17]이 제안한 적응적 이진화 방법도 도입하였다. 이 방법은 b×b 크기의 윈도우 내 화소들의 평균 명도 값 $m(x, y)$ 과 표준편차 $\alpha(x, y)$ 를 이용하여 식 (1)과 같이 각 화소의 임계값 $T(x, y)$ 를 계산한다.

$$T(x, y) = m(x, y) + [1 + k(\frac{\sigma(x, y)}{R} - 1)] \quad (1)$$

일반 문서를 대상으로 한 연구[17]에서 k=0.5, R=128, b=10일 때 효과적인 것으로 보고하고 있으며, 이 방법을 번호판 영상 이진화에 적용한 Anagnostopoulos 외[11]에서도 동일한 파라미터를 적용하였다. 이 방법은 윈도우의 크기가 커지면 국부적 변화에 둔감해지고, 윈도우의 크기가 작아지면 국부적 변화에 민감하게 반응한다. 따라서 본 연구에서는 입력 영상의 해상도에 따라 윈도우의 크기를 가변적으로 조절하고, 국부적으로 나타나는 미세한 명도 값 변화를 무시할 수 있도록 식 (1)에서 산출된 임계값에 상수 τ 를 곱해 임계값을 조절하였다. 본 연구에서 상수 τ 는 임



그림 5. 번호판 후보 영역에 대한 검증



(a) 입력 영상



(b) 기존 이진화



(c) 개선된 이진화

그림 6. 흰색 번호판 영상과 이진화 결과

력 영상의 해상도에 따라 0.8~0.9로 설정하였다. 그리고 윈도우의 크기가 커짐에 따라 계산 양이 늘어나므로 이를 개선하기 위하여 윈도우 내의 모든 화소에 대한 평균과 표준편차를 계산하는 대신 일정한 간격으로 다운 샘플링하여 계산하였다. 그림 6은 흰색 번호판 영상에 대한 이진화 결과로, 좌측의 이진 영상은 기존의 이진화 알고리를 적용한 결과이고, 우측의 이진영상은 개선된 방식을 적용한 결과이다. 이진화 결과에서 알 수 있듯이 기존 방식이 갖는 국부적인 명도 값 변화에 민감한 단점이 해소되었음을 알 수 있다.

3.4 흰색 번호판 후보 영역 추출과 검증

번호판에 나타나는 문자들은 번호판 제작 규격에 따라 일정한 형태를 유지하고 있다. 그러므로 문자들의 배치 정보는 번호판 후보 영역을 추출하거나 검증하는데 매우 중요한 특징이 된다. 흰색 번호판 영상의 이진화 결과는 그림 7에 제시된 바와 같이 번호판의 숫자와 문자는 검정색, 번호판은 흰색인 이진영상으로 표현되며, 번호판에 나타나는 숫자나 문자를 추출하기 위하여 내부 윤곽선만을 분석 대상으로 한다.

흰색 번호판의 숫자와 문자에 해당하는 연결요소는 한 줄에 비슷한 크기의 연결요소가 연속하여 나타난다. 이러한 특징에 근거하여 균일한 크기의 연결요소가 6개 이상 연속하여 수평적으로 이웃할 때 이를 병합하여 번호판 후보 영역을 선정한다. 그림 7은 수

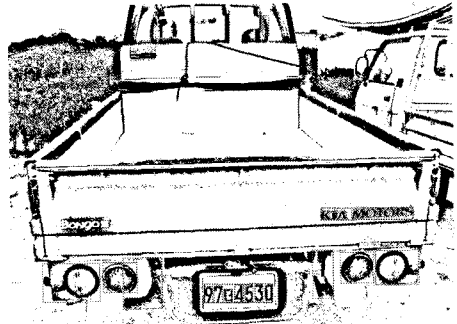


그림 7. 수평인접 연결요소와 번호판 후보 영역

평적으로 이웃하게 나타나는 유사한 크기의 연결요소가 6개 이상 연속되어 나타나는 번호판 후보 영역을 최소의집사각형으로 나타낸 것이다. 이 영상에서는 번호판 후보 영역이 좌측 상단의 나무가 있는 배경 영역, 자동차 메이커 표시 영역, 그리고 번호판 영역, 이렇게 세 군데나 나타나 있다. 번호판 이외의 영역에서 균일한 크기의 연결요소가 6개 이상 연속적으로 나타날 확률은 매우 적다. 그렇지만 그림 7의 예와 같이 이동 카메라 영상에서는 다양한 배경이 나타날 수 있으므로 각 후보 영역이 번호판인지 검증해야 한다. 후보 영역에는 번호판 숫자와 한글 문자 외에 다른 요소들이 함께 병합되어 나타날 수 있으므로, 번호판 영역의 크기와 위치 정보를 이용하여 숫자나 문자가 아닌 연결요소를 제거한 후 검증 과정을 거치게 된다. 검증은 번호판에 나타나는 숫자와 문자의 배치 정보를 통해 이루어진다.

그림 8-(a), (b), (c)와 같이 한글이 숫자와 함께 병합되어 7개 또는 8개의 연결요소가 연속하여 나타나거나, 그림 8-(d)나 (e)와 같이 한글이 숫자 연결요소와 병합되지 않고, 좌측 2개의 연결요소와 우측 4개의 연결요소간 거리가 충분히 떨어져 있는 경우 번호판으로 판정한다.

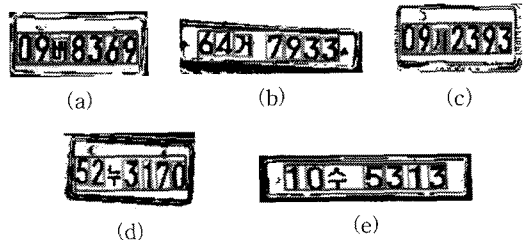


그림 8. 흰색 번호판에 나타나는 숫자와 한글의 배치 형태

4. 실험 결과 및 분석

과거의 연구들은 주로 680×480 해상도의 영상으로 실험을 수행하였으나, 하드웨어 환경이 좋아지면 서 최근에는 더 높은 해상도의 영상을 이용하기도 한다. 본 연구에서는 640×480과 1024×768의 두 가지 해상도로 자동차 영상을 획득하였다. 교내의 주차장과 길가에 주차된 차량을 무작위로 추출하여 촬영하였기 때문에 실험에 사용된 녹색 번호판 차량 수 대비 흰색 번호판 차량의 수는 실제 상황에서 나타나는 비율과 유사할 것으로 판단된다. 실외에서 촬영한 영

상은 조도의 변화에 민감하기 때문에 제안된 방법이 이런 변화에 잘 적응할 수 있는지를 판단하기 위하여 맑은 날과 흐린 날로 나누어 영상을 획득하였다. 영상에 나타나는 자동차 번호판의 크기는 가변적이며 자동차 전체가 영상에 포함되도록 촬영하였다. 제안된 알고리즘은 펜티엄 PC환경에서 Visual C++6.0으로 구현하였다. 표 1은 실험 조건 및 대상에 따른 번호판 추출 실험결과를 제시한 것으로, 총 419개의 자동차 영상에 대하여 98.1%의 번호판 영역 추출률을 얻었다. 번호판 추출에 실패한 것은 총 8개로 맑은 날 640×240 해상도로 촬영된 2개의 녹색 번호판 영상과 흐린 날 1024×768 영상으로 촬영된 5개의 녹색 번호판 영상과 1개의 흰색 번호판 영상이다. 표 2는 해상도와 번호판 색상의 조합에 따른 번호판 추출 실험결과를 정리한 것이다.

자동차 번호판 추출 및 인식 성능을 측정할 수 있는 공개된 표준 영상 데이터베이스가 아직 존재하지 않기 때문에 연구자들이 서로 다른 영상으로 연구를 수행해 왔다. 표 3은 기존 연구들의 실험결과를 정리한 것으로 국가별로 번호판의 규격과 색상이 다르기 때문에 국내 연구들만을 대상으로 하였다. 그렇지만 각 연구에 사용된 영상의 양과 질이 서로 다르기 때문에 번호판 추출률의 단순 비교로는 제안된 방법의 성능을 객관적으로 판단하기가 곤란하며, 연구의 수준만을 짐작해 볼 수밖에 없는 상황이다. 본 논문에서는 이러한 점을 감안하여 다양한 입력 영상에 대하여 번호판을 올바르게 추출한 일부 예와 번호판 추출에 실패한 모든 예를 제시함으로써, 본 연구에서 제안된 방법의 성능을 어느 정도 가늠할 수 있도록 하였다. 그림 9는 번호판 추출에 성공한 예를 제시한

표 1. 번호판 추출 실험결과

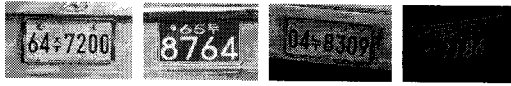
실험 조건 및 대상		영상 개수	번호판 추출 영상 개수	번호판 추출률
해상도	640×480	119	117	98.3%
	1024×768	300	294	98.0%
날씨	흐림	256	250	97.7%
	맑음	163	161	98.8%
번호판 색상	녹색	328	321	97.9%
	흰색	91	90	98.9%

표 2. 해상도와 번호판 색상별 실험결과

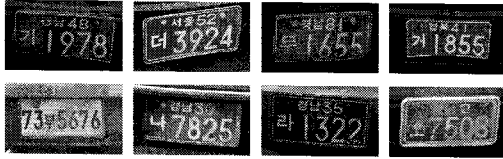
실험 조건 및 대상		영상 개수	번호판 추출 영상 개수	번호판 추출률	
해상도	색상				
	640×480	녹색	99	97	98.0%
		흰색	20	20	100%
1024×768	녹색	229	224	97.8%	
	흰색	71	70	98.6%	

표 3. 관련 연구들의 번호판 추출 실험결과

연구	영상	개수 (번호판)	사용된 주요 특징	번호판 추출 오류의 원인	번호판 추출률
김숙 외 [10]	640×480 명도영상	72	명암벡터, 에지분포, 중첩비	해당사항 없음	100%
김광백 외 [13]	640×480 컬러영상	70 (녹색)	RGB 컬러모델	해당사항 없음	100%
문성원 외 [14]	640×480 컬러영상	100 (녹색)	YCrCb 컬러모델	빛, 그림자에 의한 색상 변화 차체 색이 번호판과 유사	92.0%
이화진 외 [15]	640×480 컬러영상	56 (녹색, 황색)	HIS, YIQ 컬러모델	색상 부족이나 과다	94.6%
권숙연 외 [16]	640×480 컬러영상	200 (녹색, 황색)	HIS, YIQ 컬러모델	색상 부족이나 과다	96.0%



(a) 양지와 음지에서 촬영된 번호판



(b) 구겨지거나 훼손된 번호판



(c) 정면에서 벗어나 촬영된 번호판

그림 9. 번호판 추출에 성공한 영상

것이다. 제안한 방식은 문성원 외[14]의 연구에서 그림자에 의해 그늘진 경우에 번호판 영역을 추출하는데 실패한데 비하여, 그림 9-(a)에 나타난 바와 같이 양지와 음지의 조도 차이가 매우 크게 나타남에도 불구하고 번호판을 성공적으로 추출하였다. 또한, 그림 9-(b)와 같이 구겨지거나 훼손된 번호판에서도 번호판 추출이 성공적으로 이루어졌으며, 그림 9-(c)와 같이 정면에서 어느 정도 벗어나 측면에서 촬영한 영상에서도 번호판 추출이 가능하였다.

번호판 추출에 실패한 것은 총 10개로 그림 10에 제시된 바와 같이 주로 번호판이 오래되어 색이 바래지거나 훼손된 경우에 발생하였다. 번호판이 오래되어 색이 바래지거나 심하게 더럽혀져 녹색 영역이 감지되지 않아 번호판 영역을 제대로 추출하지 못하였다. 번호판 훼손에 의해 번호판 내에 나타나는 숫자가 끊어진 경우에는 한 개의 숫자가 상하 두 개의 연결요소로 나타나 번호판 숫자의 배치 정보 검증과정에서 실패하였다. 그리고 측면에서 촬영하여 번호판의 기울어짐이 심하게 나타난 경우에도 이웃한 연결요소 간에 병합이 제대로 이루어지지 않아 번호판 추출에 실패하였다.

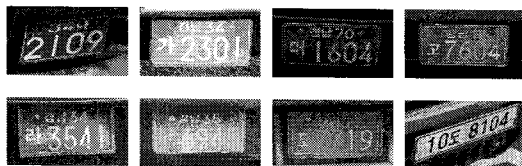


그림 10. 번호판 추출에 실패한 영상

5. 결 론

본 연구에서는 기존의 녹색 번호판뿐만 아니라 새로 나온 흰색 번호판을 자동으로 추출하기 위하여 다중색상 모델과 문자배치 정보를 이용하였다. 녹색 번호판과 흰색 번호판은 가로와 세로의 비율뿐만 아니라 문자의 배치 형태가 다르기 때문에, 먼저 번호판 색상을 추정한 후 해당 색상 번호판의 도메인 정보를 최대한 활용하는 접근 방식을 사용하였다. 제안된 방법의 특징을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 조도의 변화가 크게 나타나는 그늘진 곳에 주차된 차량의 번호판도 효과적으로 추출할 수 있었다. 둘째, 번호판이 구겨지거나 훼손된 경우에도 번호판 추출이 가능하였으며, 셋째, 어느 정도 정면에서 벗어나 촬영된 번호판도 추출이 가능하였다. 그러나 사람은 충분히 인지할 수 있음에도 불구하고, 번호판이 오래되어 색이 바래지거나 더럽혀진 경우, 그리고 번호판 숫자가 끊어진 경우에는 번호판 추출에 실패하였다. 따라서 번호판 추출률을 더 높이기 위해서는 녹색 번호판의 색상 변질과 번호판 내 숫자나 문자를 구성하는 연결요소의 끊김에 대처할 수 있는 방안 모색이 필요하며, 측면에서 촬영한 차량 영상으로부터 번호판을 안정적으로 추출하기 위해서는 기울어진 번호판에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] S. Yoshimori and Y. Mitsukura, "License Plate Detection System in Rainy Days," *Proc. of IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation*, pp. 972-976, 2003.
- [2] T. Naito, T. Tsukada, K. Yamada, K. Kozuka, and S. Yamamoto, "Robust License-Plate Recognition Method for Passing Vehicles Under Outside Environment," *IEEE Tran. on Vehicle Technology*, Vol.49, No.6, pp. 2309-2319, 2000.
- [3] H. Zhang, W. Jia, X. He, and Q. Wu, "Real-Time License Plate Detection Under Various Conditions," *UIC 2006, LNCS 4159*, pp. 192-199, 2006.

[4] C.T. Hsieh, Y.S. Juan, and K.M. Hung, "Multiple License Plate Detection for Complex Background," *Proc. of AINA*, pp. 389-392, 2005.

[5] H. Mahini, S. Kasaei, F. Dorri, and F. Dorri, "An Efficient Features-Based License Plate Localization Method," *Proc. of ICPR*, pp. 841-844, 2006.

[6] J. Kong, X. Liu, Y. Lu, and X. Zhou, "A Novel License Plate Location Method Based On Textural Feature Analysis," *Proc. of International Symposium on Signal Processing and Information Technology*, pp. 275-279, 2005.

[7] M. Yu and Y.D. Kim, "An Approach to Korean License Plate Recognition Based on Vertical Edge Matching," *Proc. on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 2975-2980, 2000.

[8] D. Zheng, Y. Zhao, and J. Wang, "An Efficient Method of License Plate Location," *Pattern Recognition Letters* 26, pp. 2431-2438, 2005.

[9] V. Shapiro, G. Gluhchev, and D. Dimov, "Towards A Multinational Car License Plate Recognition System," *Machine Vision and Applications* 17, pp. 173-183, 2006.

[10] 김숙, 조형기, 민준형, 최종욱, "명암벡터를 이용한 차량번호판 추출 알고리즘," *정보과학회논문지(B)*, 제25권, 제4호, pp. 676-684, 1998.

[11] C. Anagnostopoulos, I. Anagnostopoulos, V. Loumos, and E. Kayafas, "A License Plate-Recognition Algorithm for Intelligent Transportation System Applications," *IEEE Tran. on Intelligent Transportation Systems*, Vol.7, No.3, pp. 377-392, 2006.

[12] G. Li, R. Zeng, and L. Lin, "Research on Vehicle License Plate Location Based on Neural Networks," *Proc. of ICICIC*, pp. 174-177, 2006.

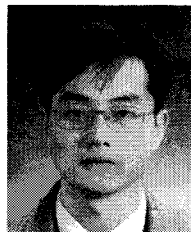
[13] 김광백, 김문환, 노영욱, "RGB 컬러 정보와 퍼지 이진화를 이용한 차량 번호판의 개별 문자 추출," *한국해양정보통신학회논문지*, 제8권, 제1호, pp. 80-87, 2003.

[14] 문성원, 장언동, 송영준, "기울어진 차량 번호판 영역의 추출," *한국콘텐츠학회논문지*, 제4권, 제3호, pp. 125-130, 2004.

[15] 이화진, 박형철, 전병환, "HSI와 YIQ의 복합 색상정보를 이용한 차량 번호판 영역 추출," *한국정보처리학회논문지*, 제7권, 제12호, pp. 3995-4003, 2000.

[16] 권숙연, 전병환, "복합색상과 명암벡터를 이용한 주차 단속 영상에서의 번호판 추출," *전자공학회논문지*, 제40권 CI편, 제6호, 2003.

[17] J. Sauvola and M. Pietikanine, "Adaptive Document Image Binarization," *Pattern Recognition*, Vol.33, pp. 225-236, 2000.



김민기

1989년 중앙대학교 전자계산학과 학사
 1994년 중앙대학교 전자계산학과 석사
 1998년 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사
 1998년~1999년 KRIC 선임연구원
 1999년~2000년 KERIS 책임연구원
 2000년~현재 경상대학교 컴퓨터교육과 부교수, 교육연구원 연구원, 컴퓨터정보통신연구소 연구원
 관심분야 : 패턴인식, 영상검색, 교수설계